

## ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертационную работу Гаязова Марата Сальмановича на тему: «Исследование динамики тепловой метки на модели горизонтальной скважины применительно к технологии активной термометрии» на соискание ученой степени кандидата технических наук по научным специальностям: 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника, 1.6.9. Геофизика.**

В связи с интенсивным увеличением фонда горизонтальных скважин возникла острая необходимость в разработке, обновлении и модернизации методов исследования, и специализированной «скважинной аппаратуры» при геофизических исследованиях скважин. Одна из актуальных задач современной промысловой геофизики в действующих горизонтальных скважинах – определение фазовых расходов с оценкой поинтервального дебита, что особенно важно при разработке многопластовых систем или же горизонтальных скважин с многостадийным гидроразрывом пласта. Следует отметить, что физическое моделирование поведения многофазного потока в горизонтальных и наклонных каналах существенно усложняется по сравнению с поведением в вертикальном канале (из-за появления неоднородности расслоения, асимметрии и т.д.)

В настоящее время для измерения дебита в скважинной геофизике традиционно используют механические расходомеры, несмотря на то, что этот метод измерения имеет существенные ограничения, особенно для многофазного потока.

В скважинной геофизике есть примеры применения метода меченой жидкости, когда в потоке формируется контрастная по физическим свойствам метка и прослеживается её движение по стволу скважины. В последнее время в скважинной геофизике находит применение метод активной термометрии, когда в потоке флюида формируется температурная метка за счет работы индукционного нагревателя, выделяющего тепловую энергию в металле эксплуатационной колонны. Результаты опробования показали высокую эффективность метода при решении ряда задач, связанных с контролем технического состояния скважины и показали возможность оценки расхода в условиях низких дебитов.

Поэтому сегодня остро стоит вопрос разработки альтернативных методов измерения расхода в действующих горизонтальных скважинах и модернизация уже существующих. Данная задача предусматривает необходимость проведения значительного объема экспериментальных

исследований на специализированных стендах в условиях максимально приближенным к модели горизонтальных скважин.

Исследование температурного поля многофазного горизонтального потока жидкости в горизонтальных трубах представляет сложную научную проблему, но в целом технически осуществимую современными методами геофизических исследований. Поэтому представленная **работа является актуальной**, с точки зрения создания основ теоретического и практического исследования нестационарных термогидродинамических процессов в горизонтальных скважинах с учетом влияния силы тяжести, силы Архимеда и термодинамических эффектов.

**Научная новизна диссертационной работы** заключается в том, что соискателем:

1. Созданы экспериментальные установки стенды, моделирующие нестационарные термогидродинамические процессы при движении флюида по длине горизонтальных труб различного диаметра учитывающие термогравитационное расслоение жидкости и расслоенный режим движения многофазной среды.

2. Разработана технология изучения эволюции тепловой метки и скорости ее движения для условия горизонтального и субгоризонтального потока для одно- и многофазного расслоенного потока. Опытным путем подобраны оптимальные значения количества тепловых импульсов одной серии.

3. Разработана методика расчета фазовых скоростей с выходом на общий дебит с применением вертикально распределенных датчиков температуры.

4. Экспериментально определены условия применимости и ограничения метода регулярных температурных меток при измерении фазовых скоростей с выходом на общий дебит одно и двухфазного потока.

Полученные при проведении исследования новые сведения позволили доказать применимость метода тепловых меток для определения фазовых скоростей многофазного неизотермического потока жидкости для горизонтальных, наклонных и вертикальных труб. Кроме того, были экспериментально подобраны оптимальные значения число включений источника тепла в рамках одного пакета измерений.

**Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы**

В данной работе рассматривается влияние различных источников тепла на формирование искусственного теплового поля в одно- и

двухфазном потоке жидкости. Исследуются такие параметры, как мощность, длительность и количество циклов нагрева, расход, угол наклона, фазовый состав и влияние свободной конвекции на эволюцию тепловой метки в потоке.

Результаты работы могут быть использованы для разработки методики и алгоритмов определения расходных параметров одно- и двухфазного потока по анализу эволюции тепловой метки, создаваемой источниками тепла. Экспериментальная установка, созданная в рамках данного исследования, может быть применена для учебных целей и дальнейшего изучения неизотермических многофазных потоков.

Практическая значимость диссертационной работы подтверждается получением соискателем патента РФ на изобретение «Прибор для измерения скорости и расхода флюида в горизонтальной скважине» №169085, а также оригинальным способом определения скорости потока жидкости в скважине, на который также имеется патент РФ на полезную модель № 2751528. При этом результаты и рекомендации, полученные соискателем в работе, внедрены в деятельности НТУ ООО «ТНГ-Групп» г. Бугульмы.

#### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Обоснованность представленных в диссертационной работе положений, выводов и рекомендаций подтверждается: использованием стандартных и современных методов исследования; корректностью использования общепринятых физических принципов и математического аппарата при обработке информации, полученной в ходе большого объема экспериментальных исследований, выполненных на сертифицированных термогидродинамических стендах (№ 098-05/17 и № 065-10/23) с использованием эталонированных средств измерения; математической обработкой результатов экспериментальных исследований, соответствием аналитических выводов результатам экспериментальных исследований и их согласованием с экспериментальными данными других исследователей. Достоверность полученных результатов подтверждается многократным повторением серий экспериментов, воспроизводимостью полученных данных и их обработкой методами статистического анализа.

Таким образом, с учетом вышеизложенного, результаты проведенных соискателем исследований и сделанные на их основе выводы следует считать достоверными и обоснованными.

#### **Апробация диссертационной работы**

С целью апробации проводимых диссертационных исследований их основные результаты соискателем были доложены на международных конференциях различного уровня, часть из которых приведена в списке публикаций по теме диссертации, и соответственно там обсуждены, а их достоверность подтверждена обоснованным применением метрологически поверенного современного оборудования, применением апробированных методов корреляционного анализа при обработке экспериментальных данных.

### **Основные замечания к работе**

1. В работе проведена оценка индуктивного теплообмена для режима трубного ламинарного течения жидкости. Однако отсутствуют исследования для переходных и турбулентных режимов течения, также характерных для действующих скважин. В тексте диссертации желательны пояснения.

2. Соискатель выбрал диапазон температуры жидкости при проведении экспериментальных работ от 20 до 55°C, которые не охватывают температуры нефтяных пластов западной Сибири.

3. В своей работе соискатель не рассмотрел влияние радиального притока жидкости в трубу в интервале между индуктором и измерительными сечениями.

4. Если мы используем аббревиатуру для каких-либо терминов, то при первом упоминании пишем полное название. В автореферате, например, не объясняется, что такое ГС. Впрочем в тексте диссертации таких недостатков незамечено.

Сделанные замечания не снижают научной значимости и общей положительной оценки диссертационной работы. Текст диссертации, в целом, составлен нормальным литературно-научным языком. Работа оформлена в соответствии с принятыми требованиями.

### **Заключение**

Диссертационная работа Гаязова Марата Сальмановича на тему «Исследование динамики тепловой метки на модели горизонтальной скважины применительно к технологии активной термометрии» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены оригинальные научно обоснованные технические решения, связанные с промыслово-геофизическими исследованиями скважин при контроле за разработкой, которое вносит вклад в развитие нефтедобывающей промышленности РФ.

Существует практически полная согласованность содержания автореферата и диссертации.

Таким образом, диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, представляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Гаязов Марат Сальманович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научным специальностям 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника, 1.6.9. Геофизика.

Я, Лежнин Сергей Иванович согласен на обработку моих персональных данных, размещение персональных данных и моего отзыва на диссертацию на сайте ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» и в Федеральной информационной системе государственной научной аттестации (ФИС ГНА)

Официальный оппонент:

главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, доктор физико-математических наук (01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника), профессор



Лежнин Сергей Иванович

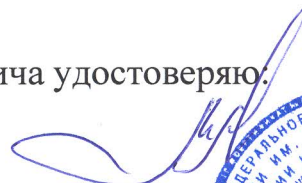
«02» 10 2024 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук.

630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 1, телефон: +7(962)8342932, адрес электронной почты: [lezhninsi@gmail.com](mailto:lezhninsi@gmail.com).

Подпись Лежнина Сергея Ивановича удостоверяю:

Ученый секретарь ИТ СО РАН



М.С. Макаров

